

Суровость современного климата в Сибирском Заполярье© 2019 г. **Е.В. Максютова*, Л.Б. Башалханова**

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

*emaksyutova@irigs.irk.ru

Severity of the present-day climate in the Polar regions of Siberia**E.V. Maksyutova*, L.B. Bashalkhanova**

Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

*emaksyutova@irigs.irk.ru

*Received August 2, 2018 / Revised November 24, 2018 / Accepted March 22, 2019***Keywords:** *air temperature, Arctic, climate change, discomfort, indicator of weather severity, landscapes, the cold season, wind speed.***Summary**

Over the period 1981–2015 severe climatic conditions on the North of Siberia (area within 66–162° E above the Polar Circle) were characterized by significant space-time variations of air temperature at the cold period of the year. This conclusion is made on the basis of analysis of observations made about 13 hour of local time. Positive changes in the mean seasonal air temperature were observed here in October–April. The largest rates of air temperature rise with a pronounced gradient to the West were noted in high latitudes, i.e. in Arctic glacial and polar desert landscapes. The change in weather severity which is one of characteristics of the climate discomfort was analyzed by means of the Arnoldi index (TA). This index reflects the combined effect of negative temperatures and stiff wind on the thermal state of the open surface of the human body. Together with the space-time dynamics of the actual TA values, important values of TA are its threshold values (more than 30 and more than 45 units) which determine a degree of discomfort. Duration of these periods, limiting a possibility of a person's stay in the open air, is also extremely important as well. In recent decades (1981–2015), the spatial differentiation of the number of days (from 80 to 160) limiting the human's stay in the open air reflects in the main fluctuations of the air temperature and wind regime in polar landscapes. Slight warming (a rise of the air temperature) and small wind speed variability during the period from October to April in 1981–2015 resulted in a certain decrease in the index of weather severity in relation to the period 1966–1980, since the last one did not go beyond limit of the interannual variability. Despite the stable increase in the air temperature in 1981–2015, no tendency to reduction of the number of days limiting human's stay in the open air was noted. The duration of this period for 1981–2015 is similar to that observed in 1936–1964, and we believe that this is suggestive of manifestation of the cyclicity of atmospheric processes and is agreed with a gradual decrease in the rate of the temperature rise. In the last period duration of the period limiting human stay in the open air in the considered area remains high and ranges from 3.5 (to the west of 80° E) to 5 months on islands and capes of the region. So, as is demonstrated by the above example of space-time dynamics of the weather severity index at the time about 13 hours of local time, no decrease in the level of discomfort in polar Siberia is found.

Citation: Maksyutova E.V., Bashalkhanova L.B. Severity of the present-day climate in the Polar regions of Siberia. *Led i Sneg*. Ice and Snow. 2019. 59 (2): 258–266. [In Russian]. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2019-2-402>.

Поступила 2 августа 2018 г. / После доработки 24 ноября 2018 г. / Принята к печати 22 марта 2019 г.

Ключевые слова: *Арктика, дискомфорт, климатические изменения, ландшафты, показатель жёсткости погоды, скорость ветра, температура воздуха, холодный период года.*

Исследованы изменения температуры воздуха и скорости ветра в холодный период. Повышение температуры воздуха и небольшие отклонения скоростей ветра за период 1981–2015 гг. способствовали некоторому снижению жёсткости погоды по показателю Арнольди. Но пространственная дифференциация числа дней, ограничивающих пребывание человека на открытом воздухе, остаётся высокой. Поэтому дискомфортность на заполярных территориях Сибири не снижается.

Введение. Постановка проблемы

Климат заполярных территорий Сибири (в пределах 66–162° в.д. севернее Полярного круга в административных границах Ямало-Ненецко-

го автономного округа Тюменской области на западе и Республики Саха (Якутия) на востоке) отличается исключительной суровостью. В наше время и здесь господствует процесс глобального потепления, причём сильнее всего он выражен в

Арктической зоне [1–3]. На просторах Арктики потепление проявляется неодинаково. Больше всего климатический дискомфорт ослаблялся (уменьшались суммы отрицательных температур и число дней с низкими температурами, росла сумма активных температур и увеличивался безморозный период) в 1991–2010 гг. на территориях, прилегающих к Баренцеву морю, в Ямало-Ненецком автономном округе и Туруханском районе Красноярского края, а также в южной части Чукотского автономного округа [4]. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата на заполярных территориях вызывают множество опасений и разногласий по его последствиям для природных и хозяйственных систем, а также населения этого макрорегиона [5–7].

На заполярных территориях Сибири соотношение избыточного увлажнения и недостатка тепла способствует распространению арктических (ледниковых и полярно-пустынных), субарктических (аркотундровых, тундровых, лесотундровых), а к востоку от 80° в.д. и бореальных северотаёжных ландшафтов [8–10]. Зональные различия биоклимата установлены с помощью ресурсно-климатического подхода [11], объединяющего оценки прямого воздействия интенсивности и продолжительности параметров среды на организм человека. Этот подход базируется на климато-физиологических исследованиях теплообмена человека с окружающей средой [12–14], что определяет возможность его пребывания на открытом воздухе. Продолжительность этого периода гарантирует безопасность проживания населения в суровых природно-климатических условиях и в совокупности с другими показателями (продолжительность отопительного низкотемпературного периода с нарушением смены светового режима, дефицитом ультрафиолетовой радиации и пр.) позволяет оценить степень влияния климата на жизнедеятельность человека. В границах заполярных территорий Сибири выделены территории с жёстким, крайне жёстким и очень сильным уровнями дискомфорта климата [15]. При этом пространственные различия термического и ветрового режимов позволяют выделить на заполярных территориях два сектора — к западу и востоку от 80° в.д.

На территории заполярных территорий Сибири (60–140° в.д. севернее Полярного круга) за период 1981–2010 гг. установлен рост годовой

температуры и сокращение числа дней со среднесуточными температурами ниже $-30 \div -25$ °С. Наибольшие колебания температуры отмечены в январе и феврале, при этом среднемесячная температура в эти месяцы к востоку от 80° в.д. оставалась ниже -30 °С, кроме островных и прибрежных местностей. На территории к западу от 80° в.д. зимние температуры были выше, и больше всего на тепловое состояние человека здесь воздействовал ветровой режим — показатель Арнольди с декабря по март составлял выше 30 единиц [16]. Наряду со среднемесячными показателями, важную роль играют и контрасты погоды в разное время суток. Особенно важны колебания показателя жёсткости в дневное время (например, в 13 часов), так как они характеризуют средние условия рабочего дня, и резкие контрасты в это время могут ухудшать уровень дискомфорта пребывания человека вне помещения.

Цель настоящей работы — оценить изменения жёсткости погоды в рабочее время на протяжении холодного периода года на заполярных территориях Сибири как одной из характеристик общей дискомфорта климата.

Исходные данные и методы исследований

Для оценки изменения характеристик жёсткости погоды в холодный период года (октябрь–апрель) мы использовали показатель Арнольди (ТА), который широко применяется при изучении влияния климатических условий на жизнедеятельность населения; нередко его называют условной температурой [17, 18]. Этот показатель получен [19] при изучении фактических изменений температуры открытой поверхности человека под совместным воздействием низких температур воздуха и скорости ветра; в этом заключается его преимущество перед другими биоклиматическими индексами — Бодмана, Сайпла, Хилла и др., полученными на основе идентификации модели физического тела с телом человека. В более поздних специальных работах по физиологии человека в условиях холода [14, с. 62] подтверждено, что в периоды воздействия низких температур идёт постоянное нарастание степени выраженности объективных и субъективных показателей теплового состояния, в первую очередь открытых частей лица.

Практическая ценность показателя Арнольди состоит в том, что он отражает пределы выносливости человека в условиях холода. При значениях показателя от 30 до 45 единиц рекомендуется перерыв в работе на открытом воздухе, а при его значениях выше 45 все работы прекращаются. Такие предосторожности связаны с опасностью обморожений, снижением эффективности труда и повышением вероятности простудных и обострения хронических заболеваний.

Расчёты проведены по формуле $ТА = |t - t^*|$, при $t^* = 2v$, где t — температура воздуха, °C; v — скорость ветра, м/с. Для его расчёта привлекались наблюдения на 23 метеорологических станциях (ГМС) за средней скоростью ветра и температурой воздуха в срок, ближайший к 13 часам местного времени по данным восьми-срочных наблюдений за основными метеорологическими показателями на сети Росгидромета [20]. Такие наблюдения начаты в 1966 г. и продолжаются до настоящего времени. При анализе климатических характеристик и показателя жёсткости мы рассматривали период 1981–2015 гг., отражающий современное потепление [1, 3]. Климатические характеристики последних десятилетий мы сравнивали с более ранним отрезком времени (1966–1980 гг.) — с учётом статистической значимости ($p < 0,05$) отличий между ними по критерию Стьюдента. Для анализа изменений температуры воздуха в пределах 1981–2015 гг. применён регрессионный анализ с определением статистической значимости тренда ($p < 0,05$) и доли дисперсии зависимой переменной, объясняемой рассматриваемой моделью (R^2).

Результаты исследования

Пространственные различия температуры и скорости ветра на заполярных территориях формируют неодинаковые климатические условия для проживания населения. В сезонном ходе ТА за период 1981–2015 гг. отмечается резкое ухудшение условий пребывания человека на открытом воздухе от октября к ноябрю и улучшение от марта к апрелю. Величины коэффициента ТА в ноябре и марте почти повсеместно, за исключением субарктических тундровых и лесотундровых ландшафтов западного сектора (станции

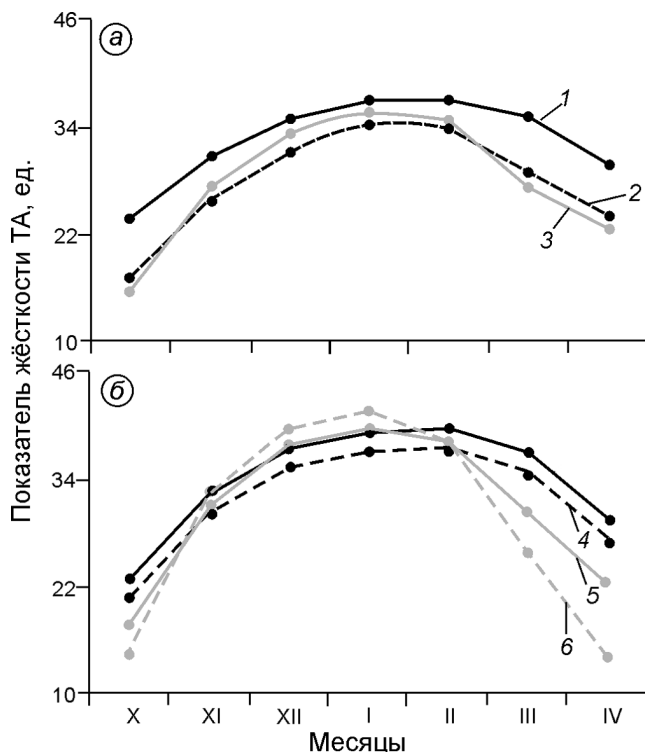


Рис. 1. Сезонный ход показателя жёсткости погоды с октября по апрель за 1981–2015 гг. в ландшафтах Заполярья Сибири (а — западнее 80° в.д.; б — восточнее 80° в.д.):

1 — арктических ледниковых и полярно-пустынных; 2 — субарктических тундровых; 3 — субарктических лесотундровых западнее 80° в.д.; 4 — субарктических арктундровых; 5 — субарктических лесотундровых восточнее 80° в.д.; 6 — бореальных северотаёжных восточносибирских

Fig. 1. Seasonal course of the index of weather hardness from October to April for 1981–2015 in the landscapes of the Polar region of Siberia (a — West of 80°; б — East of 80°):

1 — Arctic glacial and polar desert; 2 — subarctic tundra; 3 — subarctic forest-tundra west of 80°; 4 — subarctic arktundra; 5 — subarctic forest-tundra east of 80°; 6 — boreal East Siberian Northern taiga

Маррессаля, Новый Порт, Тазовск) и отдельных местоположений в восточном секторе (Игарка, Дудинка, Среднеколымск), превышают 30 ед. Жёсткие условия с декабря по февраль обусловлены разнонаправленным сочетанием низких температур и скорости ветра, при этом к западу от 80° в.д. наблюдаются более мягкие условия (рис. 1). В восточном секторе, особенно в межгорных понижениях, где сток холодного воздуха вызывает длительные застойные явления, отмечаются наиболее жёсткие условия. Средние месячные значения ТА в Верхоянске с декабря по февраль изменялись от 42 до 47 ед. Столь жёст-



Рис. 2. Скорость изменения средней температуры воздуха (октябрь–апрель) за 1981–2015 гг. при значимости тренда ($p < 0,05$):

1 – метеорологические станции; 2 – скорость изменения средней температуры воздуха с октября по апрель (в числителе: коэффициент линейного тренда °C/год; в знаменателе: коэффициент детерминации); 3 – уровни дискомфорта (I – крайне жёсткий; II – жёсткий; III – очень сильный); 4 – границы уровня дискомфорта; 5 – границы субъектов Российской Федерации; 6 – границы административных районов

Fig. 2. The rate of change in average air temperature (October–April) for 1981–2015 at the trend significance ($p < 0.05$): 1 – meteorological stations; 2 – rate of change in average air temperature from October to April (in the numerator: the coefficient of the linear trend °C/year; in the denominator: coefficient of determination); 3 – levels of discomfort (I – extremely hard; II – hard; III – very strong); 4 – borders of discomfort level; 5 – borders of subjects of the Russian Federation; 6 – borders of administrative areas

кие условия объясняются резкими сезонными изменениями температуры воздуха.

Средние месячные температуры воздуха в срок, ближайший к 13 часам местного времени за период 1981–2015 гг. в высоких широтах арктического пояса понижаются от -10°C в октябре до -25°C (станция Визе) и -27°C до -30°C (станции Голомянный, Котельный) в январе–феврале и лишь в апреле повышаются до -18°C . В субарктических аркотундровых ландшафтах (Диксон) температуры воздуха понижаются с -7°C в октябре до -25°C в январе–феврале и достигают -16°C в апреле. В лесотундровых ландшафтах западнее 80° в.д. средние месячные температуры воздуха менее контрастны и изменяются от -4°C до -5°C в октябре до -24°C до -26°C в январе и -10°C в апреле.

Более суровые условия в восточном секторе, где распространены лесотундровые ландшафты, связаны с резким снижением средних месячных температур воздуха: от -6°C до -12°C в октябре до -27°C до -37°C в январе и повыше-

нием до -8°C до -16°C в апреле. Самые низкие температуры характерны для северной тайги: от -8°C до -13°C в октябре до -35°C до -45°C в январе и -6°C до -12°C в апреле. Изменения средней температуры воздуха в целом за октябрь–апрель в 1981–2015 гг. оценены с помощью регрессионного анализа. На заполярных территориях Сибири (кроме ГМС Игарка и Дудинка) отмечаются значимые ($p < 0,05$) положительные изменения температуры холодного сезона (рис. 2). Наибольшие скорости повышения температуры воздуха с выраженным градиентом к западу наблюдаются в высоких широтах, где распространены арктические ледниковые и полярно-пустынные ландшафты.

Пространственная внутрисезонная вариация достаточно низких зимних температур по сравнению с предыдущим многолетним периодом (1966–1980 гг.) показала значительные статистически значимые положительные отклонения (табл. 1). По данным статистического анализа этих отклонений для каждой ГМС установлен-

Таблица 1. Отклонения температуры воздуха, °С (1), скорости ветра, м/с (2), показателя жёсткости ТА, единицы (3) в срок, ближайший к 13 часам местного времени за 1981–2015 гг. по отношению к 1966–1980 гг. с учётом статистической значимости ($p < 0,05$) отличий между ними по критерию Стьюдента с октября по апрель

Ландшафты (в скобках указаны метеостанции)	Пара- метры	Месяцы						
		X	XI	XII	I	II	III	IV
Западнее 80° в.д.								
Арктические ледниковые и полярно-пустынные (Визе)	1	—*	—	0,4	—	—	—	1,5
	2	0,6	0,6	0,1	0,2	−0,1	0,5	0,2
	3	—	—	0	—	—	—	1
Субарктические тундровые (Марресаля)	1	—	0,6	0,2	—	3,0	2,6	1,7
	2	—	—	—	0,5	0,5	—	—
	3	—	—	—	—	3	—	—
Субарктические лесотундровые (Новый Порт, Тазовск)	1	—	0,3÷0,5	0,6÷0,8	—	2,3÷3,1	2,1	0,7÷1,5
	2	0,3	−0,2	0,6	0,6	0,1	0,4	0,1
	3	—	1	0	—	2	2	1
Восточнее 80° в.д.								
Арктические ледниковые и полярно-пустынные (Голомянный, Котельный)	1	—	—	0,4÷0,8	1,0	—	1,2	—
	2	−0,3	−0,2÷−0,1	−0,3÷ (−0,2)	0÷0,3	−0,1÷0,1	0,1÷0,2	0÷0,1
	3	—	—	1	1	—	1	—
Субарктические аркотундровые (Диксон)	1	—	1,9	0,2	—	—	—	1,2
	2	−0,1	−0,4	−0,9	−0,4	—	−0,1	−0,6
	3	—	3	2	—	—	—	2
Субарктические лесотундровые (Игарка, Дудинка, Хатанга, Волочанка, Саскылах, Тикси, Кюсюр, Чокурдах, Амбарчик)	1	1,5÷2,5	0,7÷2,5	−0,3÷1,1	0,0÷1,1	0,5÷3,4	0,8÷2,4	0,5÷1,4
	2	−0,4÷−0,1	−0,8÷0,1	−0,7÷0	−0,4÷0,5	−0,9÷0,4	−0,3÷0,5	−0,4÷0,3
	3	2÷4	1÷4	0÷2	1÷3	2÷5	1÷3	1÷3
Бореальные северотаёжные восточносибирские (Джалинда, Депутатский, Сухана, Джарджан, Оленёк, Верхоянск, Среднеколымск)	1	0,1÷2,2	1,3÷2,1	−0,3÷0,9	0,5÷2,4	0,7÷2,6	0,9÷1,8	1,2÷1,5
	2	−0,4÷0,3	−0,6÷0	−0,5÷0,3	0÷0,2	−0,2÷0,3	−0,2÷0,3	−0,5÷0,2
	3	0÷3	1÷3	0÷1	2÷3	0÷2	0÷2	1÷3

*«—» — отличия между двумя периодами (1981–2015 и 1966–1980 гг.) статистически незначимы ($p < 0,05$) по критерию Стьюдента.

но, что лишь по двум из них (Верхоянск, Сухана) допустимо сравнение сезонов в целом. По другим ГМС статистически значимых изменений выявлено меньше, хотя в целом можно получить представление о колебаниях температурного режима в разных ландшафтах (см. табл. 1). Так, в октябре значимые величины положительных отклонений температуры воздуха отмечают лишь восточнее 80° в.д. (на 10 из 19 станций). В ноябре на большинстве станций (на 12 станциях из 19) значимые положительные отклонения температуры воздуха продолжают оставаться высокими (около 2 °С), они характерны для субарктических аркотундровых, субарктических лесотундровых, бореальных северотаёжных восточносибирских ландшафтов. В декабре уже на всей территории наблюдаются значимые положительные отклонения температуры воздуха, которые различаются пределами их изменений.

В целом для территории западнее 80° в.д. они составляют 0,2–0,8 °С, восточнее 80° в.д. колеблются от –0,3 (Дудинка, Волочанка Саскылах, Джарджан) до 1,1 °С. В январе существенно меньше (на 9 из 19 станций или в 39% случаев) прослеживаются значимые отклонения температур. Высокие величины значимых положительных отклонений температур воздуха на большинстве ГМС в феврале–марте (70%) и апреле (78%) отражают существенный рост температуры воздуха. В арктических ландшафтах наибольшие отклонения в декабре, январе и марте отмечаются восточнее 80° в.д. (Котельный).

Охлаждающее воздействие скоростей ветра имеет свои пространственные особенности. В холодный период года (1981–2015 гг.) средние месячные скорости ветра на заполярных территориях Сибири составляют на открытых пространствах арктического побережья и островах

Таблица 2. Продолжительность периода, ограничивающего пребывание человека на открытом воздухе за 1981–2015 гг.

Ландшафты	Метеостанции	Число дней
<i>Западнее 80° в.д.</i>		
Арктические ледниковые и полярно-пустынные	Визе	150–160
Субарктические тундровые	Марресала	90–100
Субарктические лесотундровые	Новый Порт, Тазовск	100–110
<i>Восточнее 80° в.д.</i>		
Арктические ледниковые и полярно-пустынные	Голомянный, Котельный	150–160
Субарктические аркотундровые	Диксон	140–150
Субарктические лесотундровые	Игарка	80–90
	Дудинка, Волочанка	110–120
	Хатанга, Саскылах, Тикси, Кюсюр, Чокурдах, Амбарчик	120–140
Бореальные северотаёжные восточносибирские	Джалинда, Депутатский, Сухана, Джарджан, Оленек, Верхоянск, Среднеколымск	110–130

6–7 м/с (ГМС Визе, Диксон) и 5–6 м/с (ГМС Голомянный, Котельный), при этом около 30% всех скоростей превышают 10 м/с. Большие барические градиенты, возникающие в результате циклонической деятельности над северными морями и антициклонального режима над материком, обуславливают увеличение скоростей ветра. В субарктических тундровых и лесотундровых ландшафтах западнее 80° в.д. они значительны в течение всего года (5–7 м/с).

Повышение местности на правом берегу р. Енисей и развитие над Среднесибирским плоскогорьем зимой области высокого давления способствуют трансформации циклонов. Здесь холодное время года отличается небольшими скоростями ветра, которые составляют 3–5 м/с в субарктических лесотундровых и 1–3 м/с в бореальных северотаёжных восточносибирских ландшафтах восточнее 80° в.д.

Для заполярных территорий Сибири при внутрисезонном сравнении двух периодов (1981–2015 и 1966–1980 гг.) не выявлено значительных изменений силы ветра. Изменения скоростей ветра в холодный период имеют как положительные, так и отрицательные значения, но величины их очень небольшие – в пределах 1 м/с. В целом отмечается некоторое снижение ветровой активности (см. табл. 1). В работе [1] дан анализ рядов скорости ветра по 1457 ГМС России за 1977–2011 гг. Отмечено, что на большей части территории России (преимущественно на Европейской части России и в Западной Сибири) скорость ветра продолжает уменьшаться, особенно зимой и весной, за исключением высоких широт

обоих полушарий (выше 75°), где, напротив, скорость приземного ветра увеличивается. Такие изменения в высоких широтах и западнее 80° в.д. прослеживаются и при сравнении двух периодов (1981–2015 и 1966–1980 гг.) (см. табл. 1).

В результате повышения средних месячных температур, а также некоторого уменьшения ветровой активности отмечается снижение показателя жёсткости погоды на заполярных территориях Сибири. В табл. 1 показаны отклонения ТА, рассчитанные для значимых для сравнения рядов температуры воздуха и скорости ветра. Отметим, что внутрисезонные колебания ТА не выходят за пределы межгодовой изменчивости – стандартного квадратического отклонения ряда.

Наряду с пространственно-временной динамикой фактических величин ТА определяющее значение в оценке степени дискомфорта имеют пороговые значения более 30 и более 45 ед., а также продолжительность этих периодов, ограничивающих пребывание человека на открытом воздухе. Число дней с показателями жёсткости 30 ед. и выше для отдельных ГМС установлены по среднемесячным данным ТА путём применения метода гистограмм. Установлена существенная дифференциация таких дней за последние десятилетия (1981–2015 гг.). Наименьший период, ограничивающий пребывание человека на открытом воздухе, отмечается в субарктических тундровых и субарктических лесотундровых ландшафтах к западу от 80° в.д. (табл. 2), а также на территориях с меньшим уровнем дискомфорта климата (Игарка, см. рис. 2). Усиление суровости климата в

субарктических лесотундровых ландшафтах к востоку от 80° в.д. подчиняется закономерностям формирования температурно-ветрового режима этих территорий.

Контрастность термического режима бореальных северотаёжных восточно-сибирских ландшафтов с очень низкими температурами воздуха в середине зимы, резким снижением в начале и ростом температур в конце зимы способствует сокращению ограничивающего периода, который варьирует здесь в пределах 110–130 дней. При сравнении числа таких дней за последний период (1981–2015 гг.) относительно предыдущего (1966–1980 гг.) по двум ГМС Сухана и Верхоянск (со статистически значимыми рядами температуры воздуха и скорости ветра) в Верхоянске установлено сокращение ограничивающего периода на восемь дней. Вместе с тем при сравнении многолетнего периода (1981–2015 гг.) с более ранним 1936–1964 гг. [17] обнаруживается следующее: несмотря на устойчивый рост температуры в последние десятилетия на заполярных территориях Сибири тенденции на снижение числа дней, ограничивающих пребывание человека на открытом воздухе, не наблюдается (рис. 3).

Сведения о показателе жёсткости по градациям 30–45 и более 45 ед. приведены по данным работы [17], которые получены её автором из повторяемости ежедневных данных в 13-часовой срок за многолетний период (1936–1964 гг.)

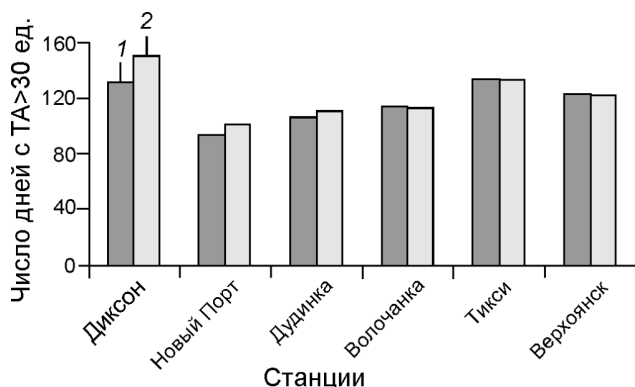


Рис. 3. Число дней с показателем жёсткости погоды более 30 ед. с октября по апрель в разные временные периоды: 1 – 1936–1964 гг.; 2 – 1981–2015 гг.

Fig. 3. The number of days with index of weather hardness more than 30 units from October to April in different time periods:

1 – 1936–1964; 2 – 1981–2015

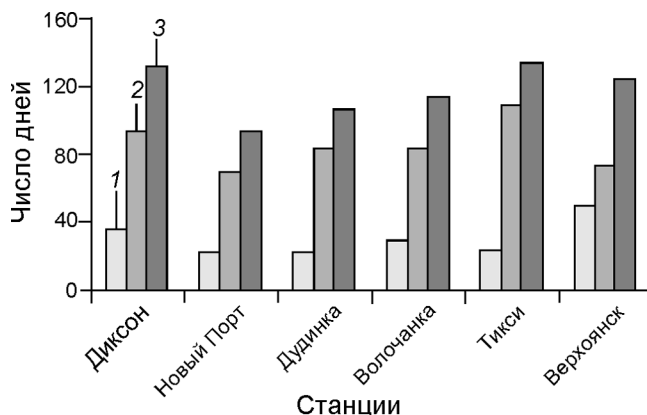


Рис. 4. Число дней с показателями жёсткости с октября по апрель за 1936–1964 гг. [17]:

1 > 45; 2 – 30–45; 3 > 30 ед.

Fig. 4. The number of days with index of weather hardness from October to April for 1936–1964 [17]:

1 > 45; 2 – 30–45; 3 > 30 units

(рис. 4). При анализе средних месячных величин (1981–2015 гг.) число дней с показателем жёсткости выше 45 ед. установлено только в Верхоянске. На других ГМС (Диксон, Новый Порт, Дудинка, Волочанка, Тикси) число таких дней меньше и по среднемесячным данным проследить их наличие невозможно. Продолжительность периода с ТА > 45 ед. в Верхоянске составила около 43 дней (1981–2015 гг.) с заметным снижением по сравнению с предыдущими временными периодами (около 55 дней в 1966–1980 гг. и 50 дней и 1936–1965 гг.). Возможно, потепление отражается на сокращении числа дней с ТА более 45 ед. Однако на данном этапе можно говорить лишь о существенных колебаниях периода с показателями жёсткости погоды выше 30 ед.

Заклучение

В условиях современных колебаний климата вопросы оценки степени его комфортности (дискомфортности) приобретают всё большую значимость. Происходящие колебания неоднозначны для проживания населения. За период (1981–2015 гг.) на заполярных территориях Сибири отмечаются положительные изменения средней сезонной температуры воздуха за октябрь–апрель. Наибольшие скорости повышения температуры воздуха с выраженным градиентом к западу прослеживаются в высоких широтах, где распростра-

нены арктические ледниковые и полярно-пустынные ландшафты. Внутрисезонное (с октября по апрель) повышение температуры воздуха и небольшие отклонения скоростей ветра за период 1981–2015 гг. по отношению к 1966–1980 гг. способствуют некоторому снижению показателя жёсткости погоды, которое не выходит за пределы межгодовой изменчивости.

Пространственная дифференциация числа дней, ограничивающих пребывание человека на открытом воздухе, за последние десятилетия (1981–2015 гг.) отражает основные особенности колебаний температурно-ветрового режима в ландшафтах заполярных территорий Сибири. Несмотря на устойчивый рост температуры воздуха в последние десятилетия (1981–2015 гг.) на исследуемой территории тенденции на снижение числа дней, ограничивающих пребывание человека на открытом воздухе, не наблюдается. Продолжительность такого периода за 1981–2015 гг. приближается к данным за 1936–1964 гг. Это в какой-то мере указывает на проявление

цикличности атмосферных процессов [21] и согласуется с постепенным уменьшением темпов роста температуры.

На данном этапе продолжительность ограничивающего периода как одна из характеристик дискомфорта климата на рассматриваемой территории остаётся высокой и составляет от 3,5 месяцев в западном секторе до пяти месяцев на островах и мысах. На заполярных территориях Сибири на примере пространственно-временной динамики показателя жёсткости погоды в срок, ближайший к 13 часам местного времени, снижения уровня дискомфорта не просматривается.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке проекта НИР № 0347-2016-00, РФФИ и РГО (17-05-41057 РГО_a).

Acknowledgments. Work is executed at financial support of the project the research project No. 0347-2016-00, RFFI and RGO (17-05-41057 RGO_a).

Литература

References

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: изд. Росгидромета, 2014. 1009 с.
2. Котляков В.М. О причинах и следствиях современных изменений климата // Солнечно-земная физика. 2012. Вып. 21. С. 110–114.
3. Катцов В.М., Порфильев Б.Н. Климатические изменения в Арктике: последствия для окружающей среды и экономики // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2 (6). С. 66–79.
4. Золотокрылин А.Н., Виноградова В.В., Соколов И.А. Воздействие потепления на дискомфортность жизнедеятельности населения Арктической зоны Российской Федерации // Лёд и Снег. 2018. Т. 58. № 2. С. 243–254.
5. Кобышева Н.В. Технические системы // Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем. М.: Росгидромет, 2012. С. 479–500.
6. Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России / Гл. ред. Г.Н. Дегтева. М.: Paulsen, 2011. 472 с.
7. Анисимов О.А., Жильцова Е.Л., Ренева С.А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосисте-
1. *Vtoroy otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoi Federatsii.* The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. Moscow: Roshydromet, 2014. 1009 p. [In Russian].
2. *Kotlyakov V.M.* On the causes and consequences of modern climate change. *Solnechno-zemnaya fizika.* Solar-terrestrial physics. 2012, 21: 110–114. [In Russian].
3. *Katcov V.M., Porfil'ev B.N.* Climate change in the Arctic: implications for the environment and the economy. *Arktika: ekologiya i ekonomika.* Arctic: ecology and economy. 2012, 2 (6): 66–79. [In Russian].
4. *Zolotokrylin A.N., Vinogradova V.V., Sokolov I.A.* The impact of warming on the discomfort of the population of the Arctic zone of the Russian Federation. *Led i Sneg.* Ice and Snow. 2018, 58 (2): 243–254. [In Russian].
5. *Kobysheva N.V.* Technical system. *Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem.* Methods for assessing the effects of climate change on physical and biological systems. Moscow: Roshydromet, 2012: 479–500. [In Russian].
6. *Problemy zdavookhraneniya i sotsial'nogo razvitiya Arkticheskoy zony Rossii.* Problems of health and social development of the Arctic zone of Russia. Ed. G.N. Degteva. Moscow: Paulsen, 2011: 472 p. [In Russian].
7. *Anisimov O.A., Zhil'tsova E.L., Reneva S.A.* Assessment of critical levels of climate change impact on natural terrestrial

- мы суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2011. № 11. С. 31–42.
8. Буди́ко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 472 с.
9. Иса́ченко А.Г. Карта «Ландшафты» // Экологический атлас России. СПб.: Карта, 2002. С. 6–7.
10. Национальный атлас России: В 4 т. Т. 2. Природа. Экология. М.: Роскартография, 2007. 496 с.
11. Башалханова Л.Б., Веселова В.Н., Корыт-ный Л.М. Ресурсное измерение социальных условий жизнедеятельности населения Восточной Сибири. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2012. 221 с.
12. Русанов В.И. Методы исследования климата для медицинских целей. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1973. 190 с.
13. Кандрор И.С., Демина Д.М., Ратнер Е.М. Тепловое состояние человека как основа санитарно-климатического зонирования территории СССР. М.: Медицина. 1974. 176 с.
14. Кошечев В.С. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека от холода. М.: Медицина, 1981. 288 с.
15. Korytny L.M., Bashalkhanova L.B., Veselova V.N., Bashalkhanov I.A. Resource and climate factors for the provision of social protection in Siberia's northern territories // Geography and Natural Resources. 2015. V. 36. Is. 4. P. 375–382. doi: 10.1134/S1875372815040083.
16. Bashalkhanova L.B., Maksyutova E.V. Climatic conditions of the human life in the northern margins of Siberia // Geography and Natural Resources. 2015. V. 36. Is. 3. P. 271–277. doi: 10.1134/S1875372815030075.
17. Русанов В.И. Биоклимат Западно-Сибирской равнины. Томск: изд. Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2004. 208 с.
18. Сухова М.Г. Биоклиматические условия жизнедеятельности человека в Алтае-Саянской горной стране. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2009. 260 с.
19. Арно́льди И.А. Гигиенические вопросы акклиматизации населения на Крайнем Севере // Гигиенические вопросы акклиматизации населения на Крайнем Севере. М.: Медгиз, 1961. С. 7–22.
20. Электронный ресурс: <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>.
21. Кононова Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
- ecosystems in Russia. *Meteorologiya i gidrologiya*. Meteorology and hydrology. 2011, 11: 31–42. [In Russian].
8. Budyko M.I. *Klimat i zhizn'*. Climate and life. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1971: 472 p. [In Russian].
9. Isachenko A.G. Map «Landscapes». *Ekologicheskii atlas Rossii*. Ecological Atlas of Russia. SPb.: Karta, 2002: 6–7. [In Russian].
10. *Natsionalnyi atlas Rossii v 4 tomakh*. T. 2. *Priroda. Ekologiya*. National Atlas of Russia in 4 volumes. V. 2. Nature. Ecology. Moscow: Roskartografiya, 2007: 496 p. [In Russian].
11. Bashalkhanova L.B., Veselova V.N., Korytny L.M. *Resursnoe izmerenie sotsial'nykh usloviy zhiznedeyatel'nosti naseleniya Vostochnoy Sibiri*. Resource measurement of social conditions of the population of Eastern Siberia. Novosibirsk: Akademicheskoe izd-vo «Geo», 2012: 221 p. [In Russian].
12. Rusanov V.I. *Metody issledovaniya klimata dlya meditsinskikh tseley*. Climate research methods for medical purposes. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 1973: 190 p. [In Russian].
13. Kandrор I.S., Demina D.M., Ratner E.M. *Teplovoe sostoyanie cheloveka kak osnova sanitarno-klimaticheskogo zonirovaniya territorii SSSR*. The thermal state of man as the basis of sanitary and climatic zoning of the territory of the USSR. Moscow: Medicine, 1974: 176 p. [In Russian].
14. Koshcheev V.S. *Fiziologiya i gigiena individual'noy zashchity cheloveka ot kholoda*. Physiology and hygiene of individual human protection from cold. Moscow: Medicine, 1981: 288 p. [In Russian].
15. Korytny L.M., Bashalkhanova L.B., Veselova V.N., Bashalkhanov I.A. Resource and climate factors for the provision of social protection in Siberia's northern territories. *Geography and Natural Resources*. 2015, 36: 375–382. doi: 10.1134/S1875372815040083.
16. Bashalkhanova L.B., Maksyutova E.V. Climatic conditions of the human life in the northern margins of Siberia. *Geography and Natural Resources*. 2015, 36 (3): 271–277. doi: 10.1134/S1875372815030075.
17. Rusanov V.I. *Bioklimat Zapadno-Sibirskoy ravniny*. Bioclimate of the West Siberian plain. Tomsk: Publishing House of the Institute of atmospheric optics SB RAS, 2004: 208 p. [In Russian].
18. Suhova M.G. *Bioklimaticheskie usloviya zhiznedeyatel'nosti cheloveka v Altae-Sayanskoy gornoy strane*. Bioclimatic conditions of human activity in the Altai-Sayan mountain country. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta, 2009: 260 p. [In Russian].
19. Arnol'di I.A. Hygienic issues of acclimatization of the population in the Far North. *Gigienicheskie voprosy akklimatizatsii naseleniya na Kraynem Severe*. Hygienic issues of acclimatization of the population in the Far North. Moscow: State publishing house of medical literature MEDGIZ, 1961: 7–22. [In Russian].
20. <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных>.
21. Kononova N.K. *Klassifikatsiya tsirkulyatsionnykh mekhanizmov severnogo polushariya po B.L. Dzerdzeevskomu*. Classification of circulation mechanisms of the Northern Hemisphere by B.L. Dzerdzeevsky. Moscow: Voentekhinizdat, 2009: 372 p. [In Russian].